Pestaña 1

INSTITUT de TORTOSA

Jordi Xavier Galindo Díaz
4 d'ESO A
Elena Panisello Chavarria
Departament de Ciències

Treball final

Recerca i anàlisi de l'estudi de la formació i la vida dels forats negres, la hipotètica teorització de l'existència de forats blancs i pont d'Einstein-Rosen i l'explicació relativa de l'astronomia



Índex

Introducció

1.1 Objectius dels treballs: Aquest treball tinc diversos objectius al cap.

- **Comprendre la naturalesa dels forats negres i blancs**: Explicar què són, com es formen i quines són les seves principals característiques.
- **Explorar la relació entre els forats negres i blancs**: Analitzar si poden estar connectats mitjançant forats de cuc o si són fenòmens independents.
- **Investigar les teories científiques que els expliquen**: Examinar la teoria de la relativitat d'Einstein, la radiació de Hawking i altres models teòrics relacionats.
- **Avaluar les evidències observacionals**: Identificar com s'han detectat els forats negres i si hi ha proves de l'existència dels forats blancs.
- **Reflexionar sobre el seu impacte en la física moderna**: Analitzar com aquests objectes extremadament densos poden influir en l'astrofísica i la recerca de noves teories com la gravetat quàntica.
- **Divulgar aquests conceptes d'una manera comprensible**: Fer que el tema sigui més accessible per a estudiants o persones interessades en l'astrofísica

1.2 Per què el faig?: En general, tant els forats negres com els blancs tenen una gran importància en l'astrofísica, ja que són objecte d'estudi per part de científics d'arreu del món. No obstant això, mentre que els forats negres ja compten amb una base teòrica sòlida i evidències observacionals, els forats blancs encara són només una hipòtesi. Fins ara, no s'ha detectat cap forat blanc en l'univers, i els científics continuen

investigant el seu possible origen, formació i propietats. Perquè una hipòtesi esdevingui una teoria acceptada, calen proves i explicacions coherents amb les lleis de la física, cosa que encara no s'ha aconseguit amb els forats blancs.

Per aquest motiu, actualment es dona més importància a l'estudi dels forats negres. Des de la dècada dels anys 60, els científics han desenvolupat una comprensió sòlida d'aquests objectes, i fins i tot, el 2019, es va aconseguir la primera imatge d'un forat negre gràcies a l'Event Horizon Telescope. Ara bé, malgrat els avenços, encara hi ha moltes preguntes sense resposta, com ara: Què passa quan un objecte entra en un forat negre? Una de les hipòtesis que intenta respondre aquesta qüestió és la possible connexió amb els forats blancs.

En aquest treball, explorarem aquests conceptes pas a pas, començant pels fonaments bàsics de l'astronomia per garantir que qualsevol lector pugui entendre els temes més avançats. Així doncs, abordarem qüestions com es forma un forat negre?, i anirem aprofundint fins a arribar a les teories més especulatives, com la dels forats blancs.

A molta gent no li agrada l'astronomia, principalment perquè està estretament relacionada amb la física, i això implica càlculs matemàtics que per a molts resulten difícils i estressants. Però, alguna vegada us heu fet alguna pregunta sobre l'univers?

Crec que fins i tot la persona menys interessada en l'astronomia, en algun moment, mentre mirava el cel de nit, observant aquells punts blancs que il·luminen la foscor, s'ha fet preguntes com: D'on provenim? Com va començar tot? Hi ha un Déu? Estic segur que fins i tot la meva àvia, que ja no recorda el meu nom, alguna vegada s'ha fet la mateixa pregunta que milions de persones arreu del món. És normal fer-se qüestions; tothom pot preguntar-se qualsevol cosa, però no totes les qüestions tenen una resposta.

Moltes d'aquestes qüestions podrien tenir la seva resposta en un forat negre. Ens podem imaginar un forat negre com una mena de rebel de la física, una entitat que es nega a seguir les lleis establertes i desafia tot allò que creiem entendre sobre l'univers. És com una persona que decideix trencar totes les normes d'un país i actuar segons la seva pròpia voluntat. Així és un forat negre: un fenomen còsmic que desafia la nostra comprensió de la realitat.

Però no vull avançar massa, perquè si esteu començant a llegir sobre aquest tema, segurament ara mateix el vostre cap estigui ple de dubtes i preguntes. Així que, fins aquí la meva introducció. A partir d'ara, us endinsareu en el fascinant camp de l'astronomia, un món on tot sembla ser infinit i ple de misteris.

1.3 Metodologia

La metodologia serà molt simple: consistirà en 9 capítols dividits en subcapítols, i aquests subcapítols, al seu torn, tindran els seus propis apartats per expressar les diferents informacions. La meva metodologia serà buscar informació en diferents tipus de fonts; la majoria seran pàgines web, però també hi haurà algun vídeo. Aquestes pàgines web no estaran únicament totes en català o castellà; n’hi haurà algunes en anglès, però es podran traduir fàcilment al català, i també preguntaré a algun mestre durant la recerca d’informació.

Després, per a la correcció d’errors gramaticals, utilitzaré una IA que m’ajudarà a controlar aquestes faltes i fins inclòs també per a fer els texts més simples i que tothom ho pugui entendre. A l’abstract, utilitzaré quatre llengües: castellà, català, anglès i alemany.

Hi haurà únicament dues imatges. Després faré una presentació al Canva i un vídeo extra com a detall final perquè el jurat pugui veure com és de fascinant l’astronomia

1.4 Abstract

Castella:

Este trabajo final, lo que pretende es entender la naturaleza de los agujeros negros, pero sabemos que si no tenemos una base de un tema no podemos introducirnos en lo más difícil, entonces para que todo aquel que lea este trabajo pueda entender primero que es la astronomía, de que trata, algunas cosas, a entender de la misma, para después introducirlos en las estrellas, planetas, gravedad, introduzco con las estrellas porque es lo anterior a la formación de un agujero negro, por lo tanto, para entender como se forma un agujero negro hay que entender como existen las estrellas. Para después de eso poder entender la naturaleza de los agujeros blancos, porque podríamos creer que existen y como se conectan con los agujeros negros para expulsar todo lo que consume los agujeros blancos.

Català:

Aquest treball final, el que pretén és entendre la naturalesa dels forats negres, però sabem que si no tenim una base d'un tema no podem introduir-nos en el més difícil, llavors perquè tot aquell que llegeixi aquest treball pugui entendre primer que és l'astronomia, que tracta, algunes coses, a entendre d'aquesta, per després introduir-los en les estrelles, planetes, gravetat, introdueixo amb les tant, per entendre com es forma un forat negre cal entendre com hi ha les estrelles. Per després poder entendre la naturalesa dels forats blancs, perquè podríem creure que existeixen i com

es connecten amb els forats negres per expulsar tot el que consumeix els forats blancs.

Anglès:

In that final work, what it inted is got it the nature of the black hold, however, we know that if we don't have a base of any topic we can't introducing in the most difficult, then, for everybody look that article you can first understand what's the astronomy, about it, for then I will introduce them in the stars, planets, gravity, I introduced with the stars because is the above about the formation of blacks holds, therefore, for get it how is formate a black hold there is that we get it how is existed the stars. For then this, you can understand the nature of the whites hold, because we would be believing if they existed and how they connected with the black holds to expel everything that consume.

Alemany:

In dieser abschließenden Arbeit geht es darum, die Natur des Schwarzen Lochs zu verstehen. Wir wissen jedoch, dass wir ohne eine Grundlage zu einem Thema auch die schwierigsten Themen nicht vorstellen können. Sehen Sie sich daher zunächst diesen Artikel an, um zu verstehen, was Astronomie ist. Danach werde ich Ihnen die Sterne, Planeten und die Schwerkraft vorstellen. Ich habe mit den Sternen begonnen, weil es oben um die Entstehung des Schwarzen Lochs geht. Um also zu verstehen, wie ein Schwarzes Loch entsteht, erfahren wir, wie die Sterne entstanden sind. Dadurch können Sie die Natur des Weißen Lochs verstehen, denn wir würden glauben, dass es sie gibt und wie sie mit dem Schwarzen Loch verbunden sind, um alles auszutreiben, was sie verzehren.

Bona lectura, científics!



2. l'astronomia

2.1 ¿Que és l’astronomia?

L’astronomia és una ciència, però, a diferència d’altres, és una ciència inexacta. És coneguda, però fins a cert punt: a qui li agrada fer càlculs matemàtics i pensar en conceptes hipotètics? A molt poques persones. No obstant això, dins d’aquest grup reduït de persones apassionades per l’astronomia, sempre hi ha algú que es fa preguntes aparentment molt grans, però que, en realitat, podrien tenir respostes senzilles.

Per mitjà de l'astronomia, centenars de milers d'astrònoms arreu del món intenten explicar tot allò que s'observa a l'Univers i als infinits cossos celestes que conformen el cosmos: satèl·lits, planetes, estrelles, cometes, meteorits, galàxies i altres matèries interestel·lars amb les seves interaccions.

2.2 Etimologia

La paraula astronomia prové del grec αστρονομία (astronomía), que combina ἄστρον (astron), que significa ‘estrella’, i νόμος (nomos), que significa ‘llei’.

Una de les característiques més peculiars de l’astronomia, a diferència d’altres ciències, és que els aficionats hi tenen un paper actiu. Per exemple, una persona de quaranta anys, amb fills i nets, que gaudeix de la biologia, probablement es limitarà a llegir llibres sobre el tema o visitar museus amb exposicions relacionades. En canvi, els aficionats a l’astronomia no sempre han estudiat aquesta disciplina de manera acadèmica, però molts d’ells participen activament en comunitats en línia, grups d’observació i fòrums de debat. Aquesta col·laboració entre professionals i aficionats fa que l’astronomia sigui una ciència molt oberta i connectada amb la societat.

L’astronomia ha estat present des de les primeres civilitzacions. El 1608, amb la invenció del telescopi, la seva pràctica es limitava principalment a l’observació i la predicció del moviment d’objectes visibles a ull nu. No obstant això, fins i tot abans d’aquesta invenció, cultures antigues com els caldeus, egipcis, grecs, indis i xinesos ja havien construït observatoris astronòmics i començaven a investigar la naturalesa de l’univers.

Alguns monuments antics, com Stonehenge, suggereixen que les primeres cultures van crear estructures amb possibles usos astronòmics. Aquests observatoris primitius podrien haver servit per determinar les estacions de l’any, informació essencial per a l’agricultura i la planificació del calendari.

Amb el temps, la comprensió de l’univers va evolucionar i van sorgir teories sobre el moviment dels planetes i la natura del Sol, la Lluna i la Terra. L’astronomia també va donar lloc a especulacions filosòfiques sobre la forma esfèrica de la Terra i la Lluna, així com sobre la rotació terrestre i el seu desplaçament en l’univers.

3. Els punts blancs i la gravetat

3.1 ¿Que és el sol?

Tothom, alguna vegada en la seva vida, ha passat una nit al camp o en un lloc allunyat de la contaminació lumínica. És en aquests moments quan el cel brilla amb tota la seva esplendor, sense núvols ni llums artificials que n’amaguin la bellesa.

Quan mirem aquest cel tan magnífic, no només hi veiem la Lluna, que gairebé sempre s’emporta tot el protagonisme, sinó també un immens fons ple de petits punts blancs. A simple vista, semblen immòbils, com si Déu els hagués ordenat quedar-se quiets, com soldats en formació.

Però la realitat és molt diferent. Aquests diminuts punts de llum són, en realitat, enormes esferes de gas en estat de fusió nuclear, generant energia constantment. Lluny d’estar quietes, es mouen a velocitats vertiginoses al voltant del centre de la galàxia, en un ball còsmic que ha durat milers de milions d’anys.

Aquests punts blancs que veiem al cel s’anomenen sols (en plural), provinent del llatí sol, solis (que significa ‘Sol’ o ‘Déu Sol invicte’), a la vegada derivat de l'arrel protoindoeuropea sauel, que vol dir ‘llum’. Les estrelles són enormes masses de gas, moltes vegades més pesades que qualsevol cos del nostre sistema solar. Per exemple, si comparéssim la massa del Sol amb la d'un quàsar, la massa del nostre Sol seria només un àtom davant d’aquesta bèstia còsmica. Són conceptes difícils d’entendre, però quan acabem aquest capítol entendrem què passa quan una estrella mor, ja que, com els planetes, els forats negres i altres cossos astronòmics, les estrelles tenen una vida limitada. Com tots nosaltres que algun dia morirem, però, no tots son igual de poderosos, hi ha algun més poderós i menys.

3.2 Què és la gravetat?

Per a entendre la gravetat, comencem des de la Terra. La Terra, que és molt gran en comparació amb nosaltres, és tan petita en l'univers que gairebé no té influència més enllà del sistema solar. Però, com veurem, hi ha cossos més petits com la Lluna, que també exerceixen influència sobre la Terra. I encara més poderós és el Sol, que influeix sobre la Terra i tots els cossos del sistema solar. Això és un exemple que pot semblar senzill, però ens ajuda a entendre el concepte de gravetat, que és la força invisible que ens manté "pegats" a la Terra.

La gravetat és com una força invisible, que no podem veure, però gràcies a ella nosaltres no sortim disparats a l’espai quan saltem, per exemple. És la força que ens manté a la superfície de la Terra. No podem escapar d’aquesta força perquè no tenim prou massa per generar una gravetat prou gran per oposar-se a la de la Terra.

Exemple:

Imagina que ets un nen petit, que pesa uns 20 kg. Ara imagina que t’ajups sobre una cama elàstica i sobre ella hi ha un home que pesa 120 kg. L’home, en posar-se sobre la cama elàstica, fa que es deformi. La cama elàstica és flexible i, per tant, pot deformar-se. Quan tu entres a la cama elàstica, notes que la deformació és tan gran que et resulta difícil sortir-ne. Aquesta deformació és un exemple de com un cos pesat distorsiona l’espai i el temps al seu torn. És el mateix que passa amb els cossos celestes: com més gran és la seva massa, més "deforma" l’espai i el temps al seu voltant, i més intensa és la gravetat.

Una formiga aixafada per la gravetat

El cas més extrem d'atracció gravitatòria es produeix quan un objecte col·lapsa o s'encongeix sobre si mateix fins a assolir una mida menor que una mesura que es coneix com a “ràdio gravitacional”.

Ara imagina una formiga passejant per la superfície de la Terra. Si el nostre planeta de sobte s'encongís a la meitat mantenint la seva massa, el pes de la formiga es multiplicaria per quatre. Això obeeix a la llei de la gravitació universal de Newton, segons la qual els objectes s'atreuen amb una força directament proporcional al producte de les masses i inversament proporcional al quadrat de la distància que les separa.

La nostra petita amiga hauria de fer molt d'esforç per no aixafar-se contra el terra. I si la Terra es tornés a encongir al 50%, el pes inicial de la formiga es multiplicaria ni més ni menys que 16 vegades.

3.3 Com funciona el nostre sistema solar?

El sistema solar i els seus planetes es troben a la Via Làctia, que, al seu torn, està ubicada dins d’un grup d’aproximadament 40 galàxies conegut com el Grup Local.
Per ser més exactes, el sistema solar es troba dins del Núvol Interestel·lar Local, situat a la Bombolla Local del braç d’Orió, dins de la Via Làctia.

El sistema solar, que es va formar fa uns 4.600 milions d’anys, és un grup planetari que només té una estrella coneguda: el Sol. Aquesta estrella conté més del 99% de la massa del sistema i és l’únic cos celeste del sistema solar capaç de produir llum pròpia. Tots els planetes i planetes nans del sistema giren al seu voltant.

El nostre sistema solar és un més de tants que hi ha al nostre univers —ja en parlarem en el següent capítol— però ara centrem-nos en el funcionament del nostre sistema. Com sabeu, una cosa gran, una acció gran, funciona gràcies al treball de diverses funcions ben fetes, elaborades i ordenades. Doncs així funciona el nostre sistema solar: amb una cosa molt poderosa que dona ordres o, millor dit, mana sobre tots els altres.

Comencem de petit a gran perquè pugueu entendre-ho tot molt bé. La nostra Terra gira al voltant del Sol, com havíem dit abans, per atracció gravitacional.
Tots els objectes, pel simple fet de tenir massa, exerceixen una força gravitacional sobre tots els altres objectes que tenen al seu voltant.

Tots aquests cossos que giren al voltant del Sol estaran preguntant-se: per què giren? Ja ho sabem, tothom diu que és per l'atracció gravitatòria, però... què fa acció?

La gravetat és una acceleració. Com tots sabem, l'acceleració es mesura en m/s^2, i es considera una acceleració a causa de la Segona Llei de Newton. Es troba que la massa apareix mesurant tant la proporcionalitat de l'acceleració com la proporcionalitat de la força de gravetat. Llavors, com

més acceleració gravitatòria tingui un cos respecte a un altre, sempre el que en tingui menys estarà atret pel cos més gran i, per tant, eixe cos petit haurà de girar al voltant d'ell.

Exemple de la Lluna i la Terra:

Per què la Lluna gira al voltant de la Terra? Pel simple fet que la gravetat de la Terra és 9,8 m/s², en canvi, la de la Lluna és molt menor, és 1,62 m/s². Per tant, a la Terra li direm AT i a la Lluna, AL. Llavors, com podem veure, AT té moltíssima més atracció que AL, i com diu la física —o millor, com diu la teoria de la relativitat general d'Einstein—:

> "La gravetat no és una força, sinó una curvatura de l'espai-temps causada per la massa i l'energia dels cossos."

Per tant, com havíem dit abans, suposem que l'espai-temps és una malla. La Terra la deforma amb els seus 9,8 m/s² d'acceleració gravitatoria. De sobte, cau un cos —que és AL—, que, com no té quasi gens d'acceleració, li ha de fer cas a la Terra i fer una el·lipse al voltant seu, que tarda en total uns 27,7 dies en completar-se. Lamentablement, AL deforma molt poc l'espai.

I això passa en tot. Este és un petit exemple, a una escala que ens podem imaginar, perquè hi ha coses a l'univers que encara no hem pogut veure, que són gairebé impossibles d'imaginar... un "quasi impossible", perquè tot és possible.

Gràcies a les persones que segurament moltes vegades a l'ESO o Batxillerat odiem... ells ens han ajudat a poder entendre tot això.

4. Vida d'una estrella

4.1 Introducció

Com molts saben, tot té un començament i tot té el seu final. Mira't a tu: gràcies a ta mare vas néixer en una data determinada, però en una altra —determinada per certes circumstàncies— acabaràs les teves funcions. Deixaràs de fer les funcions vitals que et demana el cos, com anar al lavabo, respirar, entre altres.
Per a alguns, és un període curt; per a altres, una llarga estada en el nostre univers.
I aquestes coses que perduren en el nostre univers, quines són? Òbviament, en termes biològics o astronòmics, viure un milió d'anys és com viure 3 anys, traspassat al que estem acostumats nosaltres a escoltar.

En aquest capítol estudiarem la vida del Sol. El dic en singular perquè dir "sols" és referir-se a tots els sols que hi ha a l'univers, o hipotèticament en el multivers. Analitzarem què passa en cada cas, en cada tipus d'estrella.

Perquè, és clar, no és la mateixa mort la d'una estrella molt gran que la d'una de molt petita.

Algunes vegades costa entendre com passen aquests fenòmens, però de mica en mica anirem estudiant el Sol. Estem fent això perquè pugueu entendre com es forma un forat negre. Tanmateix, encara que existeixi o no, en el nostre univers —en el que cadascun de vosaltres viviu— hi ha centenars de milions d'estrelles. Moltíssimes. L'univers, des del seu naixement fa 13.700 milions d'anys, crea estrelles. Però tot té un procés de creació, i aquest procés és el que regeix les estrelles.

Cal entendre una cosa molt fonamental: la gravetat sempre serà el nostre major enemic —en aquest cas ho plantejarem així— perquè és la que causa totes les morts d'una estrella, i serà l'encarregada, segurament, d'acabar amb part del nostre sistema solar.
En aquest capítol i en el següent, prendrà el paper del personatge dolent: aquell que sempre aconsegueix el que vol i que ningú no pot frenar.

4.2 ¿Com naix una estrella?

Com les persones, les estrelles neixen, creixen i moren. Els seus llocs de naixement són enormes núvols freds formats per gas i pols, coneguts com a nebuloses. Aquests núvols comencen a encongir-se per obra de la seva pròpia gravetat.
A mesura que un núvol perd mida, es fragmenta en grups més petits. Cada fragment es pot tornar tan calent i dens que s'inicia una reacció nuclear. Quan la temperatura arriba als 10 milions de graus, el fragment es converteix en una nova estrella.
Després del seu naixement, la majoria de les noves estrelles estan situades al centre d'un disc pla de gas i pols. Gran part del gas i la pols acaba sent escombrada per la radiació estel·lar. Abans que això passi, però, es poden formar planetes al voltant de l'estrella central.

Aquest núvol, al principi, té una temperatura molt per sota dels 0 graus. Però, a causa de la gravetat, que obliga que cada vegada més partícules s'ajuntin, el núvol es va escalfant. Comença a produir-se la fusió termonuclear. Aquest terme pot semblar molt difícil d'explicar, però en realitat vol dir que s'allibera una gran quantitat d'energia en forma de radiació electromagnètica o de partícules. Els àtoms comencen a unir-se, i cada vegada més.

Aquest conglomerat, per efecte de la gravetat, es contrau sobre si mateix i, com a conseqüència, augmenta al seu centre la densitat, la pressió i la calor. D'aquesta manera, els àtoms es mouen cada cop més ràpid i xoquen els uns amb els altres. En aquestes condicions, aviat s'inicien reaccions de fusió nuclear. Quan comencen, ha nascut una estrella.

4.4 ¿Què fa l'estrella durant la seva vida?

És la fase més llarga de la vida d'una estrella, on crema hidrogen al nucli mitjançant la fusió nuclear. La majoria d’estrelles passen el 90% de la seva vida en aquesta etapa. Segons la seva massa, poden durar des de pocs milions fins a centenars de milers de milions d’anys. A mesura que s’esgota l’hidrogen del nucli, aquest es contreu i s’escalfa, cosa que permet la fusió de capes d’hidrogen més externes. Això fa que la lluminositat de l’estrella augmenti gradualment.

Si bé les estrelles envelleixen constantment, els seus canvis més dramàtics ocorren quan se'ls esgota el combustible al nucli, ja no tenen més hidrogen i hi ha de recórrer a cremar capes més externes que produir elements més pesants. El seu envelliment es manifesta en canvis de mida, color, brillantor i temperatura.

En l'última etapa de les estrelles, aquestes moren quan ja no es poden sostenir per la pressió de la radiació i col·lapsen sota el seu propi pes. La seva mort pot ser violenta o pacífica, depenent de la massa. Les estrelles més massives exploten com a supernoves, enriquint l'espai interestel·lar amb elements pesants com l'oxigen, el carboni i el ferro. Aquestes estrelles deixen com a romanents forats negres o estrelles de neutrons.

5. Forats negres

5.1 Introducció

La part que tothom esperava, la més esperada per tothom —i més per mi, que soc qui escriu—. No volia introduir-vos directament en el tema, perquè sé que molts de vosaltres no sabeu ni què és un exoplaneta. I no ho dic perquè sigueu burros, segurament molts de vosaltres teniu una intel·ligència molt gran, però no sabeu com utilitzar-la. Per exemple, jo tinc un mestre de castellà que el primer dia que va arribar ens va tractar a tots a la classe com a “ignorants” que no sabem res, i en certa part tenia raó. Un dia em vaig sentir molt ignorant. Us poso en context: érem a classe de física, estàvem parlant de la gravetat universal, i jo volia dir a la mestra que passava el mateix fora, en els... i no em sortien les paraules. Volia dir un exoplaneta, però no em sortia. Em vaig sentir un ignorant perquè havia fet un curs d’astronomia i ni me’n recordava d’alguna cosa a la qual li havia donat molta importància. Això sí: el nom dels forats negres mai se me n'ha anat del cap. M’he desviat una mica del tema i demano disculpes.

Com dèiem, aquest capítol s'estendrà molt, perquè parlarem purament i exclusivament dels forats negres. Molts els coneixeu gràcies a Albert Einstein o Stephen Hawking, grans ments que ha tingut el món. Els podríem anomenar els "pares" dels forats negres, perquè els van saber explicar molt bé.

Sin més que pugui explicar aquí, les deixo amb el fascinant camp de la relativitat.

5.2 ¿Què és un forat negre?

Basant-nos en la teoria de la relativitat, res pot viatjar més de pressa que la llum, per tant, si la llum no pot escapar, tampoc ho pot fer qualsevol altre objecte. S'obté una regió de l'espai-temps, un conjunt d'esdeveniments des d'on res pot escapar i arribar a un observador. Aquesta regió és el que avui dia anomenem forat negre. Dos científics que han aportat hipòtesis molt importants en aquest camp són Stephen Hawking i Roger Penrose. Els forats negres van ser una predicció de les equacions de la relativitat general.

Un forat negre és un objecte astronòmic amb una força gravitatòria tan forta que res, ni tan sols la llum, se'n pot escapar.

S'han estudiat extensivament dues classes principals de forats negres. Els forats negres de massa estel·lar, de tres a dotzenes de vegades la massa del Sol, s'estenen per tota la nostra galàxia, la Via Làctia, mentre que els monstres supermassius que pesen entre 100.000 a milers de milions de masses solars es troben als centres de la majoria de les galàxies grans, inclosa la nostra.

En astronomia, un forat negre és una concentració de matèria d'altíssima densitat, tal que la seva força gravitatòria és tan elevada que la velocitat d'alliberament és superior a la velocitat de la llum. Per tant, res que es trobi dins del seu horitzó d'esdeveniments pot escapar-se'n, excepte per mitjà de l'efecte túnel quàntic. El terme «forat negre» no s'ha d'entendre com un «forat» en el sentit usual del terme, sinó com una regió de l'espai de la qual res no pot escapar, ni tan sols la llum. És per aquest motiu que se'ls anomena «negres».

Com que no emetem llum, els forats negres són invisibles. Això no obstant, sí que es pot observar la radiació a través de l'espectre electromagnètic que es produeix quan la matèria es veu atreta pel forat negre. A més, els forats negres són finits, és a dir, tenen una mida determinada. Normalment, els forats negres són força petits. Pensa que, al capdavall, un forat negre es forma amb part de les restes d'estrelles en extinció. No obstant això, les

aparences enganyen perquè, a causa de la seva alta densitat, un forat negre de mida petita tindrà una massa molt més gran que estrelles de la seva mateixa mida. Encara que, a causa de la seva foscor, no puguem veure el forat negre en si mateix, al voltant li envolta un gas brillant en forma d'anell que facilita a científics poder identificar-los i estudiar-los.
Com hem comentat, la gravetat del forat negre és tan elevada que ni tan sols l'energia es pot escapar. Per això, qualsevol cos que s'acosti prou al forat negre es veurà atret per la seva força gravitatòria.
A dia d'avui encara no se sap amb exactitud què hi ha dins d'un forat negre. El que sí que se sospita, és que a causa de la seva gran densitat, a l'interior no funcionen les lleis de la física tal com les coneixem. Alguns científics mantenen que la teoria de la relativitat, que explica l'univers a escala macroscòpica, no té sentit dins un forat negre. En conseqüència, la densitat de la matèria es torna infinita i el temps no funciona de la mateixa manera que al nostre planeta, sinó que s'atura.
Un forat negre és un objecte molt simple: només té tres propietats, massa, espín i càrrega elèctrica. A causa de la manera com els forats negres es formen, la seva càrrega elèctrica és probablement zero, el que els fa encara més simples. La forma de la matèria en un forat negre no es coneix, en part perquè està amagada per a l'univers extern, i en part perquè, en teoria, la matèria continuaria col·lapsant fins a tenir ràdio zero, un punt al qual els matemàtics anomenen una singularitat, de densitat infinita ---una cosa amb què no
tenim experiència aquí a la Terra.

5.2.1 ¿Qual és el seu moviment?

El forat negre supermassiu del cor de la Via Làctia, Sagitari A, està girant ràpidament sobre si mateix, alterant l'espai-temps del seu voltant. Així ho afirma un nou estudi publicat a 'Monthly Notices of the Royal Astonomical Society' i elaborat gràcies a la informació de l'Observatori Chandra de la NASA, que pot detectar les emissions de raigs X provinents d'aquest cos, que es troba a 26.000 anys-llum del nostre planeta.

Encara que sovint pensem que els forats negres són objectes estàtics, en realitat es mouen i poden tenir diversos tipus de moviment. Els més importants són:

- El forat negre Sagitari A (al centre de la Via Làctia) està en el centre, però les estrelles del voltant l’afecten i hi pot haver un petit moviment a causa de la seva interacció.

- Els forats negres binars (dos forats negres junts) orbiten entre ells fins que xoquen i es fusionen.

Tots els forats negres poden girar sobre si mateixos, i aquest gir pot ser molt ràpid.

- Aquest gir genera el que es diu efecte d’arrossegament de l’espai-temps: el mateix espai-temps es deforma i gira al seu voltant.

- Un forat negre que gira s’anomena forat negre de Kerr.

5.2.2 ¿Absorbeix tot el que es troba?

Els forats negres són regions de l'espai on la matèria es comprimeix fins a tal punt que ni tan sols la llum pot escapar de la seva enorme força de gravetat. Per tant, res del que absorbeix un forat negre torna a ser vist. O almenys això era el que fins ara defensava el científic britànic Stephen Hawking.

Segons la teoria que Hawking va elaborar el 1976, els forats negres destrueixen tota la matèria què hi cau a dins. Però, amb aquesta tesi, Hawking va crear un enigma: si els forats negres són una mena de pou sense fons, ¿la matèria que contenen també desapareix quan aquests mateixos forats s'evaporen? Stephen Hawking ha anunciat en un seminari científic que ha resolt part d'aquesta paradoxa, tot afirmant que els forats negres emeten unes radiacions que permeten descobrir-ne el contingut. Dies enrere, la revista "New Scientist" va avançar que el físic britànic havia reconsiderat la seva teoria. Amb l'ajuda de l'aparell amb què es comunica habitualment a causa de la seva malaltia degenerativa, Hawking ha resumit les implicacions del seu nou descobriment. "Els resultats de la meva teoria

confirmen que l'Univers és determinat per les lleis de la ciència", ha dit. De moment encara no es coneixen tots els detalls de la nova teoria. El que sí que se sap és que, ara, Hawking sosté que els forats negres no tenen un horitzó que protegeixi el seu contingut del món exterior.

A més, alguns forats negres poden créixer ràpidament absorbint grans quantitats de matèria. Un exemple és el forat negre QSO SMSS J215728.21-360215.1, que absorbeix una massa equivalent al Sol cada dos dies, brillant milers de vegades més que una galàxia sencera a causa dels gasos que devora diàriament.

Els forats negres absorbeixen matèria que s'apropa prou al seu horitzó d'esdeveniments, però no "engoleixen" tot el que es troba al seu voltant. La seva influència depèn de la distància i de la massa dels objectes propers.

5.2.3 Si no emeten llum, com sabem que existeixen?

Quan una estrella mor, pot arribar a xuclar tota la matèria (inclosa la llum) que l’envolta, formant un forat superdens que és massa fosc per veure. Això és el que els científics anomenen un forat negre. La força gravitatòria d’un forat negre és tan poderosa que res de l'interior no pot escapar-ne. Només les estrelles molt grans es converteixen en forats negres quan moren; les més petites, com el nostre Sol, acaben transformant-se en estrelles de neutrons, objectes també molt compactes i densos.

Tot i que no podem veure directament els forats negres, sabem que existeixen perquè els seus camps gravitatoris afecten tot el que els envolta. De fet, els forats negres es troben arreu de l’univers. Segons la NASA, hi ha entre deu milions i mil milions de forats negres només a la nostra galàxia, la Via Làctia.

Segons CNN, recentment s’ha descobert un nou forat negre a la nostra galàxia veïna: el Gran Núvol de Magalhães. Els científics el van detectar observant com la seva gravetat influïa en el moviment d’un estel proper. És la primera vegada que s’utilitza aquesta tècnica, que podria resultar molt útil per descobrir nous forats negres en el futur.

Els forats negres solen ser detectats pels raigs X que emeten, o per les ones gravitatòries que generen quan col·lideixen entre si o amb estrelles de neutrons. Tot i que és relativament fàcil detectar els forats negres més massius d'aquesta manera, els més petits són molt més difícils de localitzar. Aquesta nova tècnica és especialment prometedora perquè ha permès identificar un forat negre petit i jove: només té uns 100 milions d'anys!

Tot i que un forat negre pot engolir tot el que l'envolta —inclosos la llum i la matèria—, la gravetat no és una cosa que es pugui "tragar". La gravetat és una propietat de l'espai-temps provocada per la massa, i el forat negre mateix és gravetat concentrada. Per això, quan un forat negre engoleix alguna cosa, emet ones gravitacionals, i aquestes poden ser detectades per telescopis especials.

Un telescopi gravitatori és un dispositiu que no observa la llum, com els telescopis normals, sinó que detecta les ones gravitacionals: petites deformacions de l'espai-temps que es produeixen quan objectes molt massius, com els forats negres o les estrelles de neutrons, xoquen o es mouen de manera violenta.

Aquests telescopis funcionen amb raigs làser molt precisos que mesuren canvis ínfims en la seva pròpia longitud. Quan una ona gravitacional arriba des de l'espai i passa per la Terra, el telescopi detecta una petita variació (menys que el diàmetre d'un àtom) provocada per aquesta ona.

Exemple de Sagitari A

Al centre de la nostra galàxia, la Via Làctia, hi ha un forat negre supermassiu conegut com Sagitari A*. Aquest objecte és quatre milions de vegades més massiu que el Sol i, fins fa poc, només en teníem proves indirectes. Els astrònoms havien observat estrelles que giraven al seu voltant a gran velocitat, cosa que indicava la presència d'un objecte molt compacte i massiu.

Finalment, un equip internacional d'investigadors ha aconseguit captar la primera imatge d'aquest forat negre, gràcies a l'Event Horizon Telescope (EHT). Tot i que no podem veure el forat negre directament (perquè ni tan sols la llum pot escapar d'ell), la imatge mostra un anell brillant de gas amb

una zona central fosca, coneguda com “l’ombra” del forat negre. Aquesta llum està doblegada per la gravetat extrema de Sagitari A*.

Aquesta observació confirma que Sagitari A* és realment un forat negre i ens ajuda a entendre millor com funcionen aquests gegants que es troben al cor de moltes galàxies de l’univers.

5.2.4 La singularitat: on les lleis de la física deixen de funcionar.

Quan una estrella molt massiva col·lapsa sota la seva pròpia gravetat, pot arribar a formar un forat negre. Però el que hi ha al centre d’aquest forat negre és una cosa encara més fascinant (i misteriosa): una singularitat. Aquest punt és tan extrem que tota la matèria s’hi concentra, i l’espai i el temps es deformen d’una manera que les lleis de la física que coneixem deixen de funcionar.

Això no és una teoria qualsevol: el físic Roger Penrose, que va guanyar el Premi Nobel de Física, va demostrar que aquest col·lapse extrem portaria inevitablement a una singularitat, si es compleixen certes condicions. Penrose va formular un teorema en què relacionava aquestes singularitats amb unes superfícies anomenades superfícies atrapades, que es van encongint amb el temps i que només poden aparèixer si s’està formant un forat negre.

A dins d’una singularitat, el temps es trenca, l’espai es corba fins a límits insospitats i tota la matèria s’esmicola. És com un “error” del nostre univers: allà on tot el que sabem deixa de tenir sentit. Això vol dir que, si poguéssim observar directament una singularitat, no podríem predir què passarà després, perquè la ciència, literalment, ja no funciona en aquell punt.

Ara bé, aquestes singularitats no estan "a la vista". Penrose va proposar que totes elles queden amagades dins dels horitzons d’esdeveniments dels forats negres, com embolicades. Aquesta idea es coneix com la censura còsmica, i diu que mai no podrem veure directament una singularitat perquè l’univers la protegeix d’alguna manera. Aquesta teoria encara no s’ha pogut demostrar, però tampoc no s’ha pogut refutar.

El tema es complica més quan hi afegim la física quàntica. La gravetat d’Einstein (la relativitat general) no encaixa gaire bé amb les lleis quàntiques, i això fa que encara no tinguem una teoria completa —una “teoria del tot”— que pugui explicar què passa realment dins d’una singularitat. És aquí on entren les idees com la gravetat quàntica, que intenten unir totes dues parts de la física.

Alguns científics creuen que, si algun dia arribem a desenvolupar aquesta teoria unificada, potser descobrirem que les singularitats no són tan extremes com creiem, i que realment només són el resultat de no entendre del tot com funciona l’univers a escales molt petites. També s’estudien conceptes com la censura còsmica quàntica, que intenten veure si la naturalesa, fins i tot al nivell quàntic, continua amagant aquestes zones misterioses.

Exemple de què passaria si una persona caigués en un forat negre (“espaguetització”).

Els forats negres continuen sent, tot i els anys d’estudis i descobriments, un dels grans misteris de l’univers… i també un dels més fascinants.

Una de les coses més impactants que pot passar a prop d’un forat negre és l’anomenada espaguetització. I sí, el nom no és casual.

Imagina’t que una persona cau cap a un forat negre. El seu peu, que és la part més propera al forat, sentiria una força gravitatòria molt més intensa que el cap, que està una mica més lluny. Aquesta diferència brutal de força (que es coneix com a força de marea) fa que el cos s’estiri com si fos xiclet. Els peus tiren cap avall amb molta més força que el cap, i el cos s’allarga i s’allarga... alhora que es comprimeix pels costats.

El resultat? El cos acaba convertit en una mena de fil llarg i prim, com si fos un espagueti humà. D’aquí ve el nom tan curiós. Ara bé, no és només que t’allarguis com un dibuix animat: a mesura que t’apropes més i més al centre del forat negre, les forces són tan brutals que acabaries completament desintegrat. No hi ha escapament, i l’espaguetització és el darrer pas abans de la destrucció total.

5.4 La teoria de la relativitat general

5.4.1 Introducció

Parlem ara de la relativitat general que és una teoria molt important que porta implícita l'existència dels forats negres. Una de les prediccions de la relativitat general és que els objectes pesants en moviment produiran l'emissió d'ones gravitatòries, rínxols a la curvatura de l'espai-temps que viatgen a la velocitat de la llum.

La teoria de la relativitat general va ser creada pel magnífic i inigualable Albert Einstein i va ser publicada entre els anys 1915 i 1916. Aquesta teoria va suposar una autèntica revolució en la manera com entenem la gravetat, l’espai i el temps. De fet, en el moment de la seva publicació, moltes persones no la van entendre. Fins i tot, qui li havia d’atorgar el Premi Nobel de Física no estava del tot segur de com funcionava ni de com valorar la seva importància. No és d’estranyar: la relativitat general és una teoria molt potent però també complexa, i encara avui dia hi ha qui la troba difícil d’entendre.

Tot i això, no et preocupis. En aquest capítol (i en els que vindran), t’explicaré de manera senzilla les idees més importants que tenen a veure amb la relativitat i els forats negres, perquè veges que no cal ser un físic de la NASA per entendre com funciona l’univers.

La teoria de la relativitat general no només ens parla de com funciona la gravetat, sinó que va molt més enllà: ens permet entendre com és i com evoluciona l’univers. Gràcies a ella, sabem que l’univers va començar amb el Big Bang fa uns 13.800 milions d’anys, i també com es van formar les estrelles, les galàxies i tot allò que veiem al cel.

La teoria d'Einstein de la relativitat general està basada en el suggeriment revolucionària que la gravetat no és una força com les altres, sinó que és una conseqüència que l'espaitemps no és pla, a diferència del que havien suposat fins aleshores. A la relativitat general, la geometria l'espai-temps està deformat a causa de la distribució de massa i energia que conté.

Però la teoria també ens fa veure que l’univers està ple de misteris: perquè tot quadri, ha de contenir matèria fosca i energia fosca, dues coses que encara no sabem exactament què són, però que estem intentant descobrir.

Una altra predicció famosa de la relativitat general són els forats negres, que durant molt temps es pensava que només eren curiositats matemàtiques. Ara sabem que realment existeixen, i que n’hi ha al centre de moltes galàxies. A més, els forats negres han esdevingut un laboratori ideal per provar noves teories que intenten unir la relativitat amb la física quàntica, com la teoria de cordes o la gravetat quàntica de llaços.

Finalment, gràcies a les ones gravitatòries, que ja hem pogut detectar, podem estudiar fenòmens molt violents de l’univers i potser fins i tot descobrir com era tot just després del Big Bang.

5.4.2 ¿Que diu sobre la gravetat?

Una de les idees més sorprenents d'Albert Einstein va ser que la gravetat no és una força com les altres, sinó que és una conseqüència de com es corba l'espai-temps. Aquesta visió es basa en el principi d’equivalència, que diu que no podem distingir entre una acceleració deguda a la gravetat i una que no ho és. Això va portar Einstein a pensar que la gravetat es podia descriure com una mena de geometria de l’univers.

A la teoria clàssica de la relativitat general, aquesta “geometria” es representa amb la curvatura de l’espai-temps. Com més massiu és un objecte (com un planeta o una estrella), més es corba l'espai al seu voltant, i això fa que altres objectes es moguin d’una manera que nosaltres interpretem com si hi hagués una força que els estira.

Ara bé, aquesta no és l’única manera de veure-ho. Hi ha dues altres formes equivalents d’explicar la gravetat, que encara que no són tan conegudes, diuen exactament el mateix que la teoria original. En lloc de parlar de curvatura, una fa servir el concepte de torsió (que seria com una mena de “girat” de l’espai-temps), i l’altra parla de no-metricitat, que vol dir que les distàncies i els angles poden canviar segons on siguis.

Encara que aquestes tres maneres de veure la gravetat semblin molt diferents, totes acaben descrivint el mateix fenomen: com la massa i l’energia fan que l’espai-temps es deformi i com això fa moure els cossos que hi viuen dins. A partir d’aquestes idees, avui dia encara es busquen

maneres d’anar més enllà i trobar una teoria que pugui unir la relativitat amb la mecànica quàntica.

Aquestes ones són molt difícils de detectar i s'emporten amb elles energia dels objectes que les emeten. És d'esperar, per tant, que un sistema d'objectes massius s'estabilitzés finalment en un estat estacionari (sense moviment), ja que l'energia de qualsevol moviment es perdria a l'emissió d'ones gravitatòries (és semblant a tirar un tap de suro a l'aigua, al principi es mouria bruscament cap amunt i cap avall, però quan les ones s'emportessin la seva energia es quedaria finalment en un estat estacionari).

Per exemple, el moviment de la Terra al voltant del Sol produeix ones gravitatòries. L'efecte d'aquesta pèrdua d'energia serà canviar l'òrbita de la Terra de manera que s'anirà apropant cada cop més al Sol fins que, finalment, col·lideixi amb ell. La pèrdua d'energia al cas de la Terra i el Sol és molt lenta, passaran encara mil bilions de bilions d'anys abans que xoquin.

6. ponts Einstein-Rosen i forats blancs

6.1 Introducció

Com heu pogut veure en els capítols i subcapítols anteriors, tot això comença a complicar-se una mica. A mesura que entrem en temes més profunds com la relativitat general i la mecànica quàntica, la cosa es fa cada vegada més complexa. I és que, quan comencem a utilitzar paraules i conceptes quàntics, explicar-ho tot d’una manera senzilla es torna més difícil. Però no patiu, intentaré fer-ho tan entenedor com puga, com sempre he fet fins ara.

En aquest capítol ens endinsarem en un tema molt interessant i que segur que molts de vosaltres heu sentit anomenar alguna vegada: els ponts Einstein-Rosen, també coneguts com a forats de cucs. Parlarem de què són, com funcionen, què tenen a veure amb els forats negres, i si realment podrien servir per viatjar a través del temps o l'espai. A més, veurem com aquests conceptes, tot i semblar ciència-ficció, tenen una base científica real.

Així que si mai us heu preguntat si seria possible creuar l’univers en qüestió de segons o si podríem "tallar camí" per l’espai-temps, esteu en el lloc adequat. Comencem!

6.2 ¿Que són els forats blancs?

6.2.1 Definició bàsica

Els forats blancs són com els germans oposats dels forats negres, però totalment teòrics. Si un forat negre és una trampa còsmica d’on res pot escapar, un forat blanc seria com una mena d’“escopidor” còsmic d’on res pot entrar. Literalment, és com si l’univers digués: “Aquí no entres!”.

Durant molt de temps es va pensar que els forats blancs sortien de les mateixes equacions de la relativitat general que van donar lloc als forats negres. Però fa no gaire, alguns físics van començar a fer-se una pregunta molt curiosa: i si els forats negres i els forats blancs fossin dues cares d’una mateixa moneda? Com un vídeo d’un forat negre posat al revés. Imaginem una pilota caient (com si fos matèria entrant en un forat negre) i després imaginem aquesta mateixa pilota rebotant cap amunt (com si fos matèria sortint d’un forat blanc). Doncs això seria la inversió temporal, i així és com descriuen alguns científics el forat blanc.

Mentre que l’horitzó d’esdeveniments d’un forat negre és el punt de no retorn, l’horitzó d’un forat blanc seria el punt de “prohibit el pas”. Cap nau ni cap partícula pot creuar-lo per dins. És com si fos el club més exclusiu de l’univers.

Des de lluny, una nau podria confondre un forat blanc amb un forat negre. Tenen massa, podrien girar, fins i tot podrien tenir un disc de gas i pols al voltant. Però si esperes prou, veuries una cosa impossible per a un forat negre: un “eructe” còsmic. És a dir, de sobte, comencen a sortir-hi coses. I en aquell moment és quan diries: “Ah, això és un forat blanc!”.

El més estrany de tot és que els forats blancs no tenen passat, almenys no un passat que es pugui afectar des de fora. Res que passi fora d’ell no pot canviar el que hi ha a dins. És com si estigués totalment desconnectat del nostre univers. I això, per a molts físics, és una mica inquietant. Perquè normalment estem acostumats a pensar que tot té una causa, però en un

forat blanc, és com si les causes fossin invisibles i només veiéssim els efectes.

6.2.2 Comparació amb els forats negres

En el cas del forat negre de Reissner-Nordstrøm, el forat blanc passa a ser la sortida d'un forat negre en un altre univers, és a dir, una regió plana similar a la regió de la qual procedeix l'objecte emergent per aquest tipus de forat. La càrrega elèctrica del forat de Reissner-Nordstrøm proporciona un mecanisme físic més raonable per construir possibles forats blancs. També podríem pensar de forma intuïtiva, que tot el que entra ha de sortir d'algun costat.

No obstant això, aquest pensament no té cap suport en la física. Tot el que entra en un forat negre acaba suposadament en una singularitat, d'on mai surt. No hi ha un procés clar que expliqui la formació de forats blancs, encara que sí que hi ha algunes hipòtesis respecte a la seva funció: En principi, s'han proposat els forats blancs com una espècia de sortida als forats negres, ambdós tipus de singularitats estarien connectades per un forat de cuc (que com amb els forats negres, encara no s'han trobat evidències de la seva existència ni tampoc són molt probables en l'aspecte físic).

6.2.3 Visió personal

Sincerament, jo crec que els forats blancs existeixen. Potser són una excepció dins del nostre univers, una mena d'anomalia difícil d'entendre, però que hi són. No és fàcil imaginar què passaria si intentéssim entrar dins d’un forat blanc, perquè teòricament res hi pot entrar. Jo opino que tot el que entra dins d’un forat negre surt completament destrossat, potser reduït a àtoms o energia pura.

Recordeu que, quan un cos (el teu, per exemple) creua l’horitzó d’esdeveniments d’un forat negre, el que li passa és que s’estira com un espagueti. Aquest procés es diu espaguetització. Per això, el meu pensament és que si el que entra en un forat negre pogués “sortir” per un forat blanc, ho faria totalment transformat. Potser ja no seria ni reconeixible.

Ara bé, suposem que d'alguna manera sobrevius dins del forat negre. El següent pas podria ser entrar en un pont Einstein-Rosen, o forat de cuc. Però aquests ponts són tan inestables i petits que, segons la teoria, ni tan sols un àtom pot passar-hi abans que es col·lapsi. Així que probablement el que hi entri, no en sortirà. Però... i si sí? I si, en alguna condició especial, fos possible travessar-lo i sortir per un forat blanc?

Et dic la veritat: si algun dia la NASA digués que envia algú a un forat negre, jo seria el primer a apuntar-m'hi, encara que sabés que probablement moriria només de tocar l'horitzó d'esdeveniments. Però seria una experiència única, inigualable.

Jo continuaré investigant, perquè estic convençut que trobaré un forat blanc. Potser n'hi ha pocs, segurament menys que forats negres, però crec que n'hi ha, potser fins i tot prop del nostre sistema. Abans també es deia que trobar un forat negre era pràcticament impossible, segons el que prediu la Relativitat General. I mira, el 2019 es va aconseguir la primera foto d'un forat negre! Això va canviar-ho tot. Crec que el mateix passarà amb els forats blancs. Avui sembla impossible, però en uns anys —encara que siguin dècades— ho aconseguirem.

Potser no serà d'aquí a dos anys, però recordem que les primeres idees serioses sobre forats negres daten dels anys 60. Van haver de passar gairebé 60 anys per poder fer-ne una imatge. Trobar un forat blanc o un pont Einstein-Rosen costarà, sí, però tinc l'esperança que ho veurem abans que el Sol s'apagui i deixi de donar-nos el pa de cada dia.

6.3 ¿Que són els ponts Einstein-Rosen?

6.3.1 Definició bàsica

En física, un forat de cuc és una mena de túnel hipotètic que connectaria dos punts diferents de l'espai i el temps. És com una drecera a través de l'univers: en lloc de fer tot el camí per l'espai, podries "escurçar" distància passant pel forat de cuc.

Aquest túnel tindria dos extrems units per una espècie de gola, com si fos un tub. En teoria, si poguéssim entrar per un dels costats, sortiríem per

l’altre. Això podria passar entre dues zones molt llunyanes de l’univers… o fins i tot en moments diferents del temps!

Ara bé, no tenim cap prova que els forats de cuc existeixin realment. Fins ara només són una idea teòrica que surt de les equacions de la relativitat general d’Einstein. El primer que va parlar d’un concepte així va ser Ludwig Flamm, l’any 1916, i més endavant Einstein i Rosen van desenvolupar-ne una versió: el famós pont Einstein-Rosen.

6.3.2 Problemes amb la seva viabilitat.

Hi ha molts problemes amb la seva viabilitat que causen controvèrsia dins de la comunitat científica i generen diferents punts de vista. Els forats de cuc van començar a considerar-se als anys 60, però en aquell moment no se’n sabia res sobre aquests objectes. Ara, actualment, tenim moltíssima informació que podria ser útil per trobar un pont d’Einstein-Rosen, com ara els forats negres —el primer dels quals es va descobrir fa poc— o els forats blancs, que també presenten problemes de viabilitat a causa de la segona llei de la termodinàmica, entre moltes altres qüestions materials que podrien ajudar-nos a descobrir més sobre aquests misteriosos objectes.

Però, per què hi ha tan poques possibilitats que un forat de cuc existeixi realment? La primera i més controvertida és que, si un cos arribés a passar per aquesta línia de l’espai-temps, mai hi arribaria a passar del tot: quedaria atrapat en un punt “zero”, un punt pel qual, segons molts experts, no hi podria passar ni un àtom. No hi podria travessar la matèria perquè es trencaria aquesta línia.

Hi ha molts altres tipus de problemes que fan que la seva viabilitat sigui molt discutida.

7. Conclusió

en síntesi, tant els forats negres com els forats blancs tenen una gran importància en l'univers per a entendre moltes coses com és que passa en la gravitació en aquests objectes, com actuen, com es comporten, com va començar l'univers. Sabies que Hawking va dir que l'univers va poder començar amb l'explosió d'un gran forat negre?, són moltes coses que van poder passar en aquest moment i a moltes persones les agràries saber que

va passar. Tu saps el bonic que es saber que passa dins d'aquest objecte tant dins com fora d'aquests, Després, l'altra part del treball, els forats blancs i els forats de cucs, a on desenvolupen un paper molt important en la relació amb els forats negres i podria donar explicacions de què passa després que un forat negre consumeix cossos. Moltes persones volen el “per què” de les coses, òbviament no tenim respostes per a tot, per això he triat aquest treball, per poder entendre per què podria arribar a existir un forat blanc, de per què un forat de cuc no podria existir, entre altres coses que serveixen per entendre les coses del nostre origen. Algunes persones consideren aquest camp de la ciència molt rara, que no s'arriba a entendre prou bé, però en realitat és unes de les branques més velles i més importants de la història de l'home, per això vaig triar aquesta branca, perquè també l’astronomia té una part molt important i és la filosofia, clar, en tindre gairebé molt poques o quasi cap evidència et fa reflexiona i dir coses que pot ser certa o falses i que segurament et moriràs sense saber si això que vas estar reflexionant durant molt de temps, vas investigar, etc.

8. Webgrafia

Astronomía - Wikipedia, la enciclopedia libre **(20, 23 i 30 de març)**
Sol - Wikipedia, la enciclopedia libre **(24 de març)**
La razón que desconocías por la que los agujeros negros existen: la clave está en "como somos" **(23 i 19 de març)**
La Terra és plana - El suplement - 3Cat **(20 de març)**
StarChild: El Universo **(31 de març)**
Ciencia Canaria - Así funciona el universo **(31 de març)**
Anatomía de la Vía Láctea – UAM – Comunicación del Conocimiento **(30 de març)**
Astronomía - Concepto, historia y ramas de estudio **(30 de març)**
Astronomia - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure **(20, 23, 30 i 31 de març)**
La muerte de las estrellas - Pregrados y Posgrados en Bogotá **(31 de març)**
¿Qué pasa cuando dos estrellas muertas explotan? El Misterio de las Supernovas Tipo Ia | Astrobites en español **(24 i 31 de març)**
Agujeros negros: qué son y cómo encontrarlos | National Geographic **(31 de març)**
Más allá del Sistema Solar: Exoplanetas y curiosidades **(9 d’abril)**
Qué es la astronomía y cómo ser astrónomo | Indeed.com **(9 d’abril)**
Resumen de La Teoría de la Relatividad Escuela PCE **(8 d’abril)**
Aceleración de la Gravedad: Resumen Bach | StudySmarter **(8 d’abril)**

Todo sobre el Sistema Solar y sus planetas | VIU España **(8 d’abril)**
Sistema solar - NASA Ciencia **(8 d’abril)**
¿Existen los agujeros blancos? ¿Y qué pasaría si se encontraran con un agujero negro? **(8 d’abril)**
National Geographic España | National Geographic **(11 i 10 d’abril)**
Entendiendo el nacimiento de las estrellas | National Geographic **(10 d’abril)**
Formación estelar - Wikipedia, la enciclopedia libre **(10 d’abril)**
¿Cómo nacen las estrellas? ¿Cuándo morirá nuestro Sol? **(10 d’abril)**
Reacción termonuclear - Wikipedia, la enciclopedia libre **(10 d’abril)**
ESA - Space for Kids - Nacimiento de una estrella **(10 d’abril)**
Los objetos más extremos del universo **(10 d’abril)**
VIDA Y MUERTE DE LAS ESTRELLAS - DOCUMENTALES HD EN ESPAÑOL - YouTube **(10 d’abril)**
vida de una estrella - YouTube **(10 d’abril)**
Más allá del Sistema Solar: Exoplanetas y curiosidades **(9 d’abril)**
Un forat negre a la Via Làctia – Junior Report **(11 d’abril)**
Hawking revisa la teoria sobre els forats negres i diu que sí se'n podria saber el contingut **(11 d’abril)**
El moviment del forat negre del cor de la Via Làctia altera l’espai-temps **(11 d’abril)**
a785c0d3-4cc8-4c69-ab17-a66f5ed33018 **(11 d’abril)**
¿Qué es un agujero negro? Curiosidades, cómo se forma y qué hay dentro - ZS España **(11 d’abril)**
agujero negro | Sociedad española de astronomía **(11 d’abril)**
National Geographic España | National Geographic **(11 i 10 d’abril)**
Forat negre - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure **(11, 14, 17 d’arbil)**
¿Qué son los agujeros negros? - NASA Ciencia **(11 d’abril)**
Ciclo de las Estrellas - Instituto Milenio de Astrofísica MAS **(11 d’abril)**
Evolución estelar - Wikipedia, la enciclopedia libre **(11 d’abril)**
Así es la vida de una estrella - astrométrico, por A. Pérez Verde **(11 d’abril)**
Protoestrella: qué es, características y cómo se forma - Resumen **(11 d’abril)**
CESAR La vida de la estrellas **(11 d’abril)**
Espaguetis a l’espai – El blog del TERMCAT **(14 d’abril)**
Bodas de oro con la singularidad de los agujeros negros **(14 d’abril)**
Singularidades desnudas: la razón de por qué no vemos el fin del espacio y el tiempo - La Tercera **(14 d’abril)**
La singularitat: on les lleis de la física deixen de funcionar. - YouTube **(12 d’abril)**

Esfera de fotones - Wikipedia, la enciclopedia libre **(14 d’abril)**
Forats de cuc: viatjant pel temps i l'espai **(17 i 24 d’abril)**
Forats blancs: fets sobre els bessons descuidats dels forats negres | Espai **(17 d’abril)**
Forat de cuc - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure **(6, 17 i 24 de maig)**
Cent anys de Relativitat General | Instituto de Física Corpuscular **(17 d’abril)**
How do black holes evaporate from Hawking radiation? - Big Think **(17 d’abril)**
What Is Hawking Radiation? : ScienceAlert **(17 d’abril)**
Teoria de la relativitat - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure **(17 d’abril)**
Gravetat, una qüestió de pes - Pere Renom **(17 d’abril)**
entropía | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE **(20 d’abril)**
Do White Holes Violate 2nd Law of Thermodynamics? **(20 d’abril)**
White Holes and Wormholes **(20 d’abril)**
forat blanc | enciclopedia.cat **(20 d’abril)vb**